

BIOSORPSI ION Cu^{2+} OLEH *Nannochloropsis salina* DENGAN ION KONTRA Mg^{2+}

Shinta Juwita Putri*, Yusafir Hala, Muhammad Zakir

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin

Kampus Tamalanrea, Makassar, 90245

*Email: Shintajuwitaputri@yahoo.co.id

Abstrak. Penelitian mengenai biosorpsi Cu^{2+} oleh *Nannochloropsis salina* dengan ion kontra Mg^{2+} telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola pertumbuhan, efisiensi penjerapan, serta gugus fungsi yang berperan dalam penjerapan ion logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} oleh *N. salina*. Pada penelitian ini, logam Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm dan Mg^{2+} dengan variasi konsentrasi 10, 30, dan 50 ppm dipaparkan pada awal pertumbuhan. Pola pertumbuhan *N. salina* diperoleh dengan cara menghitung jumlah sel *N. salina* dengan hemositometer setiap hari. Konsentrasi ion logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} ditentukan menggunakan SSA. Penentuan gugus fungsi dengan menggunakan FTIR. Hasil yang diperoleh menunjukkan pertumbuhan *N. salina* yang dipaparkan campuran logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} lebih rendah dibandingkan dengan pertumbuhan *N. salina* pada medium kontrol. Efisiensi penjerapan maksimum *N. salina* yang dipaparkan campuran logam Cu^{2+} 10 ppm dan Mg^{2+} 10, 30, dan 50 ppm berturut-turut sebesar 40,02; 39,88; dan 41,24%, sedangkan efisiensi penjerapan ion logam tunggal Cu^{2+} sebesar 53,14%, sementara gugus fungsi yang terlibat dalam penjerapan ion logam oleh *N. salina* adalah gugus O-H.

Kata kunci: *Nannochloropsis salina*, biosorpsi, SSA, FTIR.

Abstract. Research on biosorption Cu^{2+} by *Nannochloropsis salina* with Mg^{2+} counter ions has been done. This study aims to determine the growth patterns, efficiency of biosorption, as well as functional groups that play a role in the biosorption of metal ion Cu^{2+} and Mg^{2+} by *N. salina*. In this study, metal Cu^{2+} with a concentration of 10 ppm and Mg^{2+} at concentrations of 10, 30, and 50 ppm presented at the beginning of growth. Growth pattern of *N. salina* was obtained by counting the number of cells with hemocytometer every 24 hours. The concentration of metal ions Cu^{2+} and Mg^{2+} were determined using AAS. While determination of functional groups using FTIR. The results showed that the growth of *N. salina* exposed metal Cu^{2+} and Mg^{2+} is lower than the growth of *N. salina* on the control medium. The maximum adsorption efficiency *N. salina* exposed metal 10 ppm Cu^{2+} and Mg^{2+} 10, 30, and 50 ppm respectively amounted to 40.02%; 39.88%; and 41.24%, while efficiency of biosorption single metal ion Cu^{2+} by 53.14%. Functional group involved in the adsorption of metal ion by *N. salina* is an O-H group.

Keywords : *Nannochloropsis salina*, biosorption, AAS, FTIR.

Pendahuluan

Pencemaran logam berat di perairan terus meningkat. Padatnya penduduk yang bermukim di sekitar perairan menghasilkan limbah domestik sehingga mencemari perairan. Selain itu, pencemaran juga disebabkan oleh banyaknya industri kecil menengah seperti percetakan, bengkel, dan lain-lain yang membuang limbahnya ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Pencemaran logam berat ini memberi dampak yang cukup besar bagi makhluk hidup di sekitar perairan tersebut (Yudo, 2006).

Berbagai logam berat yang mencemari perairan antara lain kromium, seng, raksa, timbal, serta tembaga. Tembaga merupakan logam esensial yang dibutuhkan oleh tubuh namun jika jumlahnya berlebihan akan bersifat racun bagi tubuh. Beberapa perairan di Indonesia telah

tercemar oleh tembaga, antara lain Sungai Mookervart di DKI Jakarta di mana pada tahun 2001, kadar logam tembaga melebihi baku mutu yang ada (Yudo, 2006) dan tercemarnya air serta sedimen di Sungai Cikijing akibat dari pencemaran industri tekstil di sekitar perairan tersebut (Andarani dan Roosmini, 2010). Hal serupa juga terjadi di perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kabupaten Demak (Cahyani dkk., 2012), serta pencemaran logam berat tembaga di air dan ikan gabus di Sungai Pangkajene, Kabupaten Pangkep (Daud dkk., 2013).

Salah satu cara untuk mengurangi kadar logam berat di perairan dengan menggunakan metode biosorpsi, yaitu kemampuan dari material biologis yang dapat mengakumulasi logam berat dengan cara adsorpsi atau pun pertukaran ion (Hossain dan Anantharaman, 2005). Metode ini

memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode konvensional, antara lain biaya yang lebih murah dan resiko yang kecil (Wahab dkk., 2012). Penggunaan mikroalga untuk menyerap logam berat telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya, seperti Bishnoi dkk., (2004) yang menggunakan *Spirogyra* untuk menyerap logam berat Cu, lalu Kresnawaty dan Panji (2007) mendapatkan hasil bahwa biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dapat menyerap 80% logam berat Zn pada keadaan tertentu, serta Hala dkk., (2012) yang menggunakan *Chaetoceros calcitrans* dalam biosorpsi dengan efisiensi penyerapan optimum logam Pb sebesar 64,44% dan logam Zn^{2+} sebesar 56,33%.

Salah satu mikroalga yang telah digunakan dalam biosorpsi adalah *Nannochloropsis salina*. Mikroalga *N. salina* mudah diamati karena gerakannya lambat, sangat produktif, dan mudah berkembang biak dengan kebutuhan gizi yang sederhana (Sarubang dkk., 2013). Mikroalga *N. salina* dapat menyerap ion logam dengan gugus fungsi yang dimilikinya, seperti $-COOH$, $-CO$, $-NH_2$, dan $-CONH_2$. Gugus fungsi tersebut bertindak sebagai ligan yang dapat berinteraksi terhadap ion logam yang bertindak sebagai atom pusat (Sembiring dkk., 2009). Telah dilakukan beberapa penelitian yang membuktikan bahwa *N. salina* dapat menyerap berbagai macam logam, antara lain Wahab dkk., (2012) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh medium tercemar logam Pb dan Cu terhadap pertumbuhan *N. salina* dengan efisiensi penyerapan tertinggi mencapai 49,25%, kemudian Sjahrul (2013) meneliti mengenai biosorpsi Cu^{2+} oleh *N. salina* dalam medium Conwy dengan efisiensi penyerapan 96,90% serta Ani dkk pada tahun 2014 meneliti mengenai biosorpsi Cd^{2+} oleh *N. salina* dengan efisiensi penyerapan 59,70%.

Keberadaan ion logam di alam tidak dalam bentuk tunggal melainkan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain (Nopriani, 2011). Keberadaan suatu logam tersebut dapat mempengaruhi penyerapan ion logam lainnya, baik itu meningkatkan ataupun menurunkan penyerapan ion logam (Fahmi, 2011). Ion kontra yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnesium. Magnesium berada di urutan kedelapan sebagai elemen terbanyak berdasarkan massa di muka bumi, terutama pada sedimen perairan. Magnesium di alam tidak dalam bentuk logam murni melainkan dalam magnesit. Magnesium banyak ditemui di air asin dalam bentuk senyawa magnesium klorida. Sumber air asin seperti air laut, danau air asin dan air bawah tanah dekat pantai (Surya, 2008).

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian tentang biosorpsi tembaga oleh *N. salina* dalam medium yang tercemar logam tembaga telah dilakukan dengan menambahkan logam dengan konsentrasi tertentu dan ion kontra Mg^{2+} ke dalam medium pertumbuhan *N. salina* pada awal pertumbuhan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam solusi alternatif pencemaran logam berat pada perairan.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan Medium Conwy, vitamin, air laut steril dan biakan murni *N. salina* yang diperoleh dari Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau (BPPBAP), kristal $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ (Merck), kristal $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, larutan HNO_3 p.a (Merck), akuabides, akuades dan aluminium foil.

Air laut steril diperoleh dari air laut alam yang diturunkan salinitasnya dengan akuades dan disaring dengan menggunakan membran selulosa nitrat Millipore 0,45 μm lalu disterilisasi dalam autoklaf.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas yang umum digunakan di laboratorium, aerator merek Amara, alat pencacah hemositometer merek Marienfeld LOT-No 4551, mikroskop Nikon SE dengan perbesaran sampai dengan 125 kali, sentrifus yang merupakan alat pada Laboratorium Kimia Anorganik, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merek Perkin Elmer model AAnalyst 400 pada Laboratorium Bioteknologi Terpadu Fakultas Peternakan Unhas dan SSA merek Shimadzu AA-7000 pada Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, oven merek SPNISOSFD pada Laboratorium Kimia Anorganik, FT-IR merek SHIMADZU 820 1PC pada Laboratorium Kimia Terpadu, autoklaf merek All American model No. 1925 pada BPPBAP Maros dan filtrat membran selulosa merek Millipore ukuran 0,45 μm pada BPPBAP Maros.

Metode

1. Pertumbuhan *N. Salina* pada Medium yang Tercemar Logam Cu^{2+}

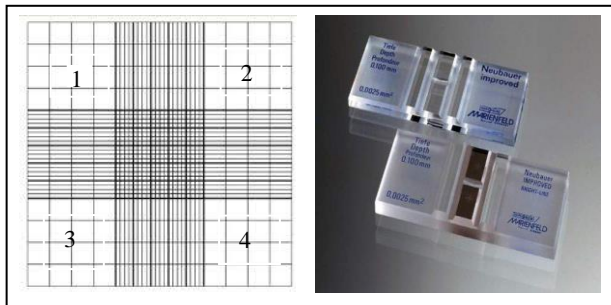
Pertumbuhan *N. salina* pada medium yang tercemar Cu^{2+} dilakukan dengan menggunakan air laut steril, dan Medium Conwy, pada kondisi : salinitas medium 30‰, pH netral,

aerasi, suhu ruangan 20 °C dan pencahayaan kontinu dengan intensitas cahaya 4000 lux (Hala dkk., 2012).

Air laut steril dimasukkan masing-masing ke dalam 4 stoples 500 mL, kemudian ditambahkan Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm (Wahab dkk., 2012) ke dalam 3 stoples. Selain itu, ditambahkan pula ion kontra Mg^{2+} ke dalam masing-masing stoples dengan konsentrasi 10, 30, dan 50 ppm. Sedangkan satu stoples sebagai kontrol. Selanjutnya masing-masing stoples ditambahkan 2 mL larutan Conwy dan ditambahkan 3 tetes vitamin dan 4 mL biakan murni *N. salina* dengan kepadatan awal 30×10^4 sel/mL. Larutan dikocok dan dihubungkan dengan aerator kemudian stoples ditutup. Pengamatan pertumbuhan *N. salina* dilakukan setiap hari menggunakan mikroskop dan hemositometer.

Pengamatan pertumbuhan mikroalga *N. salina* dilakukan dengan cara menghitung jumlah sel *N. salina* per milimeter media setiap hari sampai diperoleh pertumbuhan optimum. Sampel diambil menggunakan pipet steril sebanyak 0,1 mL dan ditetaskan pada hemositometer. Jumlah kepadatan sel dengan 4 bidang pengamatan (1, 2, 3, dan 4) dan dihitung sesuai dengan Persamaan 1 dengan bantuan mikroskop.

$$\Sigma \text{ sel} = \frac{1+2+3+4}{4} \times 10^4 \text{ sel/mL} \quad (1)$$



Gambar 1. Hemositometer

2. Pengukuran Konsentrasi Logam dengan SSA

a. Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Standar Cu^{2+}

Larutan Cu^{2+} 10.000 ppm di buat dengan cara melarutkan 3,801 g $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dalam labu ukur 100 mL dengan akuabides. Selanjutnya diencerkan sesuai kebutuhan.

b. Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Standar Mg^{2+}

Larutan Mg^{2+} 10.000 ppm di buat dengan cara melarutkan 8,3239 g $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam

labu ukur 100 mL dengan akuabides. Selanjutnya diencerkan sesuai kebutuhan.

c. Pengukuran dengan SSA

Pengukuran dengan SSA dilakukan dengan memipet 5–10 mL sampel dan diukur absorbansinya sehingga konsentrasi logam dapat dihitung berdasarkan kurva standar yang dibuat dari hubungan absorbansi dengan konsentrasi logam. Pengukuran konsentrasi logam dilakukan pada filtrat medium yang telah ditambahkan Cu^{2+} dan ion kontra Mg^{2+} dari awal pertumbuhan *N. salina* dengan menggunakan SSA melalui Persamaan 2.

$$A = a \times b \times C \quad (2)$$

dimana C adalah konsentrasi, a adalah absorptivitas ($\text{L/g} \times \text{cm}$), b adalah panjang medium absorpsi dan A adalah absorbans.

d. Penentuan Efisiensi Penjerapan Cu^{2+} dengan ion kontra Mg^{2+}

Efisiensi penjerapan logam Cu^{2+} dengan ion kontra Mg^{2+} oleh *N. salina* dihitung berdasarkan perbandingan konsentrasi Cu^{2+} dengan ion kontra Mg^{2+} yang terjerap dengan konsentrasi mula-mula. Untuk mendapatkan nilai efisiensi penjerapan (Ep) diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$C_s = C_o - C_f \quad (3)$$

$$Ep = \frac{C_s}{C_o} \times 100 \% \quad (4)$$

dimana C_s adalah konsentrasi logam terserap, C_o adalah konsentrasi awal ion logam dan C_f adalah konsentrasi ion logam dalam filtrat medium.

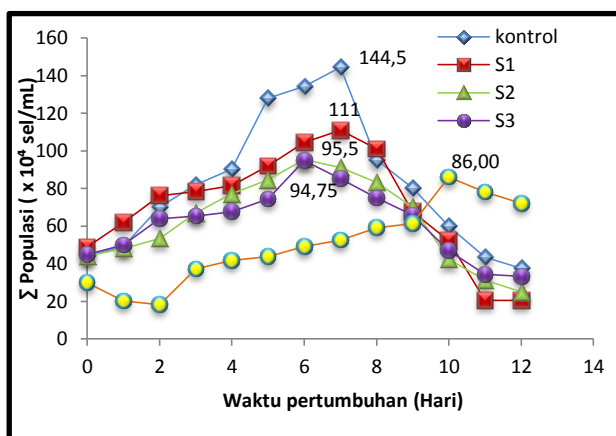
3. Identifikasi Gugus Fungsional dengan Menggunakan FT-IR

Untuk mengidentifikasi perubahan gugus fungsi sebelum dan sesudah proses biosorpsi Cu^{2+} dengan ion kontra Mg^{2+} maka dilakukan kultur *N. salina* tanpa dan dengan paparan Cu^{2+} yang ditambahkan ion kontra Mg^{2+} . Setelah hari terakhir pengamatan, residu total *N. salina* kemudian disentrifus, selanjutnya dikeringkan pada suhu 35° C. Sekitar 10 mg residu kering *N. salina* kemudian dihaluskan dalam lumpang dan dicampurkan dengan KBr (5-10% sampel dalam serbuk KBr) lalu ditentukan langsung dengan menggunakan *diffuse reflectance measuring* (DRS-8000). DRS-8000 dipasang pada tempat sampel lalu serbuk KBr dimasukkan

pada *sample pan* dan *background* ditentukan. Penentuan spektrum sampel dilakukan dengan memasukkan sampel yang telah dicampur dengan KBr pada *sample pan* dan spektrum diperoleh pada rentang bilangan gelombang 340-4500 cm^{-1} , resolusi 4 cm^{-1} , dan jumlah scan = 300. Setelah selesai DRS-8000 disimpan kembali.

Hasil dan Pembahasan

Pola Pertumbuhan *N. salina* pada Medium yang Tercemar Cu^{2+} dan ion kontra Mg^{2+}



Gambar 2. Grafik pertumbuhan *N. salina* pada medium pertumbuhan kontrol, S1 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 10 ppm), S2 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 30 ppm), dan S3 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 50 ppm) dan X (Cu 10 ppm; Langan, 2014).

Perbandingan pola pertumbuhan *N. salina* pada medium kontrol dan medium yang tercemar logam ditunjukkan pada Gambar 2. Grafik pada Gambar tersebut menghubungkan antara jumlah populasi *N. salina* (10^4 sel/mL) terhadap waktu pertumbuhan dengan satuan hari.

Berdasarkan grafik pertumbuhan di atas ditunjukkan bahwa pertumbuhan maksimum *N. salina* pada kontrol terjadi pada hari ke-7 dengan jumlah populasi sebesar $144,5 \times 10^4$ sel/mL. Setelah mencapai pertumbuhan optimum maka pertumbuhan *N. salina* mengalami penurunan pada hari-hari berikutnya. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya nutrisi dalam medium sedangkan jumlah populasi yang mengkonsumsi nutrisi tersebut semakin meningkat. Selain itu, keberadaan bahan organik mikroalga yang mati dan mengendap di dasar medium menjadi kompetitor dalam penggunaan oksigen terlarut bagi *N. salina* (Hala, 2013).

Pertumbuhan maksimum *N. salina* pada medium yang dipaparkan dengan campuran ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm dan Mg^{2+}

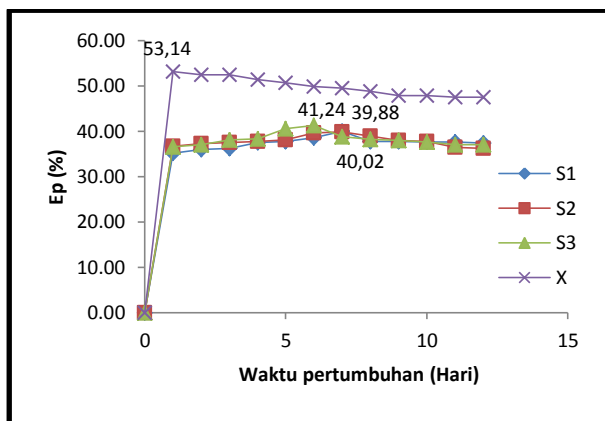
10 ppm terjadi pada hari ke-7 dengan jumlah populasi sebesar 111×10^4 sel/mL, jumlah yang cukup berbeda dengan kontrol. Jumlah populasi optimum *N. salina* pada medium yang dipaparkan ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm dan Mg^{2+} 30 ppm sebesar $95,5 \times 10^4$ sel/mL dijumpai pada hari ke-6. Begitu pula dengan medium yang dipaparkan ion logam Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm dan Mg^{2+} 50 ppm, populasi optimumnya terjadi pada hari ke-6 sebesar $94,75 \times 10^4$ sel/mL. Berdasarkan grafik pada Gambar 2 terlihat bahwa jumlah populasi *N. salina* setelah pertumbuhan optimum terus mengalami penurunan pada hari-hari berikutnya.

Pola pertumbuhan *N. salina* pada medium tercemar logam cenderung lebih rendah dibandingkan dengan pertumbuhan *N. salina* pada kontrol. Sama halnya dengan penelitian Azis (2015), dimana medium yang tercemar logam Ni^{2+} dan Ca^{2+} memiliki pola pertumbuhan *N. salina* pada lebih rendah dibandingkan kontrol. Hal ini disebabkan karena keberadaan ion logam yang bersifat toksik bagi *N. salina* dapat menghambat pertumbuhannya. Pada penelitian ini terdapat ion logam Cu^{2+} yang merupakan ion logam yang bersifat toksik jika melebihi kadar yang seharusnya sehingga dapat menghambat pertumbuhan *N. salina*.

Berdasarkan hasil penelitian Langan (2014), pertumbuhan *N. salina* pada logam tunggal Cu^{2+} 10 ppm, yaitu sebesar 86 sel/mL. Jumlah populasi pada medium pertumbuhan dengan campuran ion logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} jauh lebih tinggi dibandingkan dengan medium yang dipaparkan ion logam tunggal Cu^{2+} . Hal ini karena adanya logam Mg^{2+} yang merupakan ion logam yang diperlukan oleh mikroalga dalam pertumbuhan sel, terutama dalam pembentukan klorofil. Namun, berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa semakin banyak Mg^{2+} yang dipaparkan ke dalam medium pertumbuhan, maka jumlah populasi *N. salina* pun semakin menurun. Hal ini disebabkan karena tingginya kadar lipid di medium akibat dari surplus Mg^{2+} . Kadar lipid yang tinggi diperoleh dari kondisi stress yang menyebabkan perkembangbiakan sel menurun (Astuti, 2011).

Efisiensi Penjerapan *N. salina* Terhadap Ion Logam Cu^{2+} dan ion kontra Mg^{2+}

Nilai Efisiensi Penjerapan (Ep) Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm dapat dilihat pada Gambar 3.

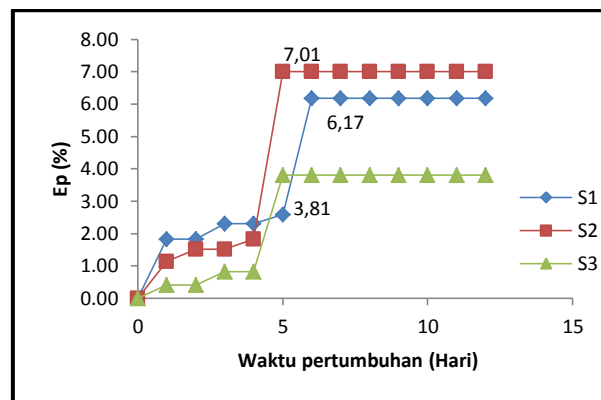


Gambar 3. Grafik $Ep\ Cu^{2+}$ oleh *N. salina* pada S1 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 10 ppm), S2 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 30 ppm), S3 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 50 ppm) dan X (Cu 10 ppm; Langan, 2014).

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa nilai Ep maksimum Cu^{2+} pada S1 sebesar 40,02% terjadi pada hari ke-7. Namun pada S2, Ep maksimum Cu^{2+} terjadi pada hari ke-7, yaitu sebesar 39,88% dan nilai Ep maksimum Cu^{2+} pada S3 terjadi pada hari ke-6 sebesar 41,24%. Ketiga grafik tersebut memiliki pola yang serupa, dimana setelah mencapai Ep maksimum maka penyerapan pada hari-hari selanjutnya cenderung menurun dan konstan. Adanya penurunan nilai Ep mengindikasikan terjadinya desorpsi. Desorpsi adalah proses pelepasan kembali ion atau molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif. Hal ini diduga sebagai bentuk pertahanan diri dari mikroalga sehingga ion logam yang terikat dapat lepas dan kembali ke medium (Kurniawan, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian Langan (2014), penyerapan optimum pada medium pertumbuhan yang dipaparkan ion logam tunggal Cu^{2+} dengan konsentrasi 10 ppm, yaitu sebesar 53,14%. Nilai Ep tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai Ep pada campuran logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} . Rendahnya nilai Ep pada campuran logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} diduga karena kedua logam tersebut mengikat pada gugus fungsi yang sama. Logam-logam tersebut bermuatan sama sehingga terjadi kompetisi dalam penyerapan ion logam pada situs aktif permukaan sel mikroalga (Hala dkk., 2012).

Nilai $Ep\ Mg^{2+}$ dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan grafik pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa pada awal pertumbuhan hingga hari ke-4, nilai $Ep\ Mg^{2+}$ terus meningkat hingga mencapai Ep maksimum. Nilai Ep maksimum Mg^{2+} pada S1 hanya sebesar 6,17% pada hari ke-6. Namun, nilai Ep maksimum S2 terjadi pada hari ke-5 sebesar 7,01% dan nilai Ep maksimum S3 hanya sebesar 3,81% pada hari ke-5.



Gambar 4. Grafik $Ep\ Mg^{2+}$ oleh *N. salina* pada S1 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 10 ppm), S2 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 30 ppm), dan S3 (Cu^{2+} 10 ppm + Mg^{2+} 50 ppm).

Ketiga grafik menunjukkan bahwa setelah mencapai Ep maksimum maka penyerapan Mg^{2+} cenderung konstan hingga hari ke 12. Hal ini menunjukkan bahwa setelah mencapai Ep maksimum maka penyerapan logam pun terhenti. Sampel S3 memiliki nilai $Ep\ Mg^{2+}$ paling rendah karena kadar Mg^{2+} yang tinggi, yaitu sebesar 50 ppm. Kadar Mg^{2+} yang tinggi dapat menurunkan pertumbuhan sel (Astuti, 2011). Kurangnya sel yang diperlukan dalam penyerapan logam maka akan menurunkan penyerapan.

Tabel 1. Nilai efisiensi penyerapan Cu^{2+} dan Mg^{2+}

Sampel	Ep (%)	
	Cu^{2+}	Mg^{2+}
S1	40,02	7,01
S2	39,88	6,17
S3	41,24	3,81
X	53,14	

Berdasarkan data pada Tabel 1, nilai efisiensi penyerapan secara keseluruhan memperlihatkan bahwa nilai Ep logam Cu^{2+} lebih tinggi dibandingkan dengan logam Mg^{2+} . Hal ini berkaitan dengan sifat logam Cu^{2+} yang memiliki afinitas lebih tinggi dibandingkan dengan logam Mg^{2+} sehingga logam Cu^{2+} lebih mudah terjerap oleh sisi aktif dari dinding sel *N. salina*. Menurut Kristianingrum (2006), proses biosorpsi dapat terjadi karena adanya material biologis dan logam berat dengan afinitas yang tinggi sehingga mudah terikat pada biosorben. Namun, berdasarkan hasil yang telah diperoleh tampak bahwa paparan Mg^{2+} dengan konsentrasi 10, 30, dan 50 ppm tidak menunjukkan hasil Ep yang signifikan. Hal ini dapat terlihat dengan selisih perbandingan nilai Ep

maksimum ion logam Cu^{2+} tidak lebih dari 5% dan logam Mg^{2+} hanya berkisar sekitar 2%.

Gugus Fungsi yang Terlibat dalam Penjerapan Ion Logam Cu^{2+} dan ion kontra Mg^{2+} oleh *N. salina*

Penentuan gugus-gugus fungsi yang terlibat dalam penjerapan ion logam dilakukan pada residu *N. salina* tanpa dan dengan paparan logam. Dalam penelitian ini digunakan FTIR dalam menganalisis gugus fungsi yang berperan. Spektrum infra merah (IR) dari residu *N. salina* tanpa dan dengan paparan logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} ditunjukkan pada Gambar 5 dan gugus fungsi yang terlibat dalam penjerapan ion logam oleh *N. salina* dapat dilihat pada Tabel 2.

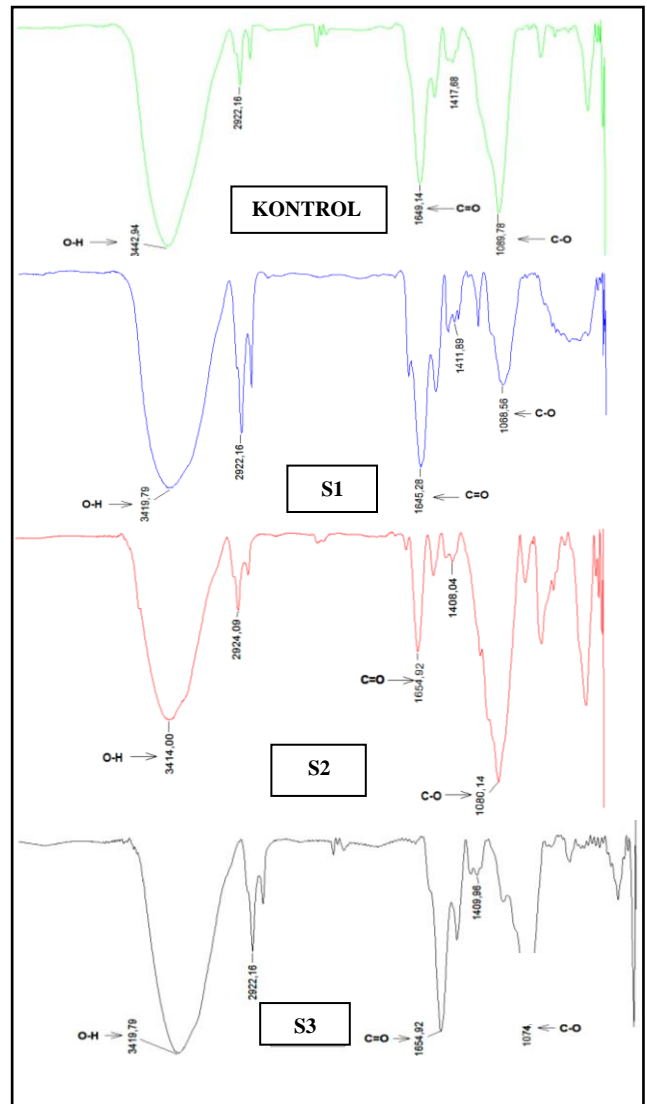
Tabel 2. Bilangan gelombang puncak FTIR yang berperan pada residu *N. Salina*

Gugus Fungsi	Kontrol	S1	S2	S3
Regang O-H	3442,9	3419,7	3414,0	3419,7
Lentur O-H	1417,6	1411,8	1408,0	1409,9
Regang C-O	1089,7	1068,5	1080,1	1074,3
C=O karbonil	1649,1	1645,2	1654,9	1654,9
Regang C-H	2922,1	2922,1	2924,0	2922,1

Hasil FTIR pada residu *N. salina* kontrol menunjukkan adanya regangan O-H pada bilangan gelombang $3442,92 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan residu *N. salina* yang terpapar logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} pada S1, S2, dan S3 berturut-turut, yaitu $3419,79$; $3414,00$; dan $3419,79 \text{ cm}^{-1}$. Hal ini berarti pemaparan logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} menyebabkan pergeseran bilangan gelombang sekitar 24 cm^{-1} . Pergeseran bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya proses pengikatan ion logam pada gugus fungsi yang dimiliki oleh *N. salina*. Proses pengikatan ion logam pada *N. salina* ditunjukkan dengan bergesernya puncak spektrum kontrol lebih besar dari 20 cm^{-1} dibandingkan dengan spektrum sampel yang dipaparkan logam (Hala, 2013).

Hasil FTIR lainnya memperlihatkan bahwa terdapat lentur O-H dengan bilangan gelombang $1417,68 \text{ cm}^{-1}$ pada sampel kontrol dan pada residu S1, S2, dan S3 bilangan gelombangnya sebesar $1411,89$; $1408,04$; dan $1409,96$. Hal ini menunjukkan residu *N. salina* yang dipaparkan logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} mengalami

pergeseran yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan bilangan gelombang pada residu kontrol.



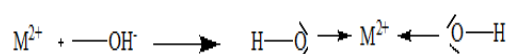
Gambar 5. Spektrum Infra Merah (IR) tanpa dan dengan paparan Cu^{2+} dan Mg^{2+} .

Selain itu, terdapat pula gugus fungsi C=O karbonil dengan bilangan gelombang $1649,14$ pada kontrol. Residu sampel S1, S2, dan S3 dengan bilangan gelombang berturut-turut $1645,28$; $1654,92$; dan $1654,92$. Pergeseran bilangan gelombang yang relatif kecil antara residu kontrol dan sampel yang dipaparkan logam, yaitu hanya berkisar 5 cm^{-1} . Begitu pula dengan regang C-H yang tidak menunjukkan pergeseran yang berarti antara residu *N. salina* kontrol dan residu sampel yang dipaparkan logam Cu^{2+} dan Mg^{2+} .

Spektrum yang dihasilkan pada residu *N. salina* kontrol menunjukkan bilangan gelombang $1089,78 \text{ cm}^{-1}$ pada gugus regang C-O

dan residu S1 pada bilangan gelombang 1068,56 dengan pergeseran puncak sekitar 21 cm^{-1} . Lain halnya dengan residu S2 dan S3 dengan bilangan gelombang 1080,14 dan $1074,35\text{ cm}^{-1}$. Terdapat pergeseran bilangan gelombang yang tidak signifikan, yaitu hanya sekitar 10 cm^{-1} .

Berdasarkan hasil analisis diatas, diketahui bahwa gugus fungsi yang dominan berperan dalam penyerapan ion logam adalah gugus fungsi O-H terutama pada regang O-H. Atom O dari gugus hidroksil memiliki elektron bebas yang dapat mengikat proton atau ion logam membentuk suatu kompleks. Gambar 6 menunjukkan model ikatan logam dengan gugus O-H.



Gambar 6. Model reaksi O-H dengan logam M

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pola pertumbuhan *N. salina* dalam medium tercemar Cu^{2+} dipengaruhi oleh adanya Mg^{2+} sebagai ion kontra.
2. Efisiensi penyerapan maksimum Cu^{2+} 10 ppm dan Mg^{2+} 10, 30 dan 50 ppm secara berturut-turut, yaitu 40,02%; 39,88%; 41,24% dan Ep *N. salina* pada medium yang terpapar ion tunggal Cu^{2+} , yaitu sebesar 53,14%.
3. Gugus fungsi yang berperan dalam proses biosorpsi adalah gugus O-H.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarani, P., dan Roosmini, D., 2010, *Profil Pencemaran Logam Berat (Cu, Cr, dan Zn) pada Air Permukaan dan Sedimen di Sekitar Industri Tekstil PT X (Sungai Cikijing)*, Karya Ilmiah, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, 1-12.
- Ani, N. F., Taba, P., dan Hala, Y., 2014, *Biosorpsi Cd^{2+} Oleh *Nannochloropsis salina* Dalam Medium Conway*, Repository, Jurusan Kimia, Universitas Hasanuddin, Makassar, 1-6.

- Astuti, J. T., Sriwuryandari, L., Sembiring, T., 2011, Pengaruh Penambahan Mg^{2+} terhadap Produktivitas dan Komposisi Asam Lemak Mikroalga *Scenedesmus* Sebagai Bahan Biodiesel, *Jurnal Riset Industri*, **5**(3), 265-274.
- Azis, K., 2015, Biosorpsi Ion Ni^{2+} oleh *Nannochloropsis salina* dengan Ion Kontra Ca^{2+} , Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Bishnoi, N.R., Pant, A., dan Garima, 2004, Biosorption of Copper from Aqueous Solution Using Algal Biomass, *J. Sci. Ind. Res.*, **63**, 813-816.
- Cahyani, M. D., Azizah, R. T. N., dan Yulianto, B., 2012, Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, dan Keran Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, *Journal of Marine Research*, **1**(2), 73-79.
- Daud, A., Sartika, D., dan Manyullei, S., 2013, *Studi Kadar Tembaga (Cu) pada Air dan Ikan Gabus di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep*, Karya Ilmiah, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, 1-10.
- Fahmi, A., 2011, Dinamika Jerapan Permukaan Kompleks Fe Oksida-Senyawa Humat, *Jurnal Sumberdaya Lahan*, **5**(2), 75-82.
- Hala, Y., Suryati, M., dan Taba, P., 2012, Biosorpsi Campuran Logam Pb^{2+} dan Zn^{2+} Oleh *Chaetoceros calcitrans*, *Chem. Prog.*, **5**(2), 86-92.
- Hala, Y., Syahrul, M., Suryati, E., Taba, P., dan Soekamto, N. H., 2013, Biosorption of Zn^{2+} and Cd^{2+} In A Two-Metal System By *Nannochloropsis Salina*, *Eur. Chem. Bull.*, **2**(5), 238-241.
- Hossain, S. M., dan Anantharaman, N., 2005, Studies on Copper (II) Biosorption Using *Thiobacillus ferrooxidans*, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, **40**(3), 227-234.

- Kresnawaty, I., dan Panji, T., 2007, Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*, *Menara Perkebunan*, **75**(2), 80-92.
- Kristianingrum, S., 2006, *Metode Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat dalam Lingkungan*, Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNY, 92.
- Kurniawan, J. I., dan Aunurohim, 2014, Biosorpsi Logam Zn^{2+} dan Pb^{2+} oleh Mikroalga *Chlorella sp*, *Jurnal Sains dan Semi Pomits*, **3**(1), 1-6.
- Langan, F. R., 2014, *Biosorpsi Campuran Ion Logam Ni^{2+} , Cu^{2+} dan Zn^{2+} oleh *Nannochloropsis salina* Dalam Medium Terkontrol*, Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nopriani, L. S., 2011, *Teknik Uji Cepat Untuk Identifikasi Pencemaran Logam Berat Tanah di Lahan Apel Batu*, Proposal Disertasi, Program Doktor Pengelolaan Sumber Daya Alam & Lingkungan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Sarubang, I. G., Taba, P., dan Hala, Y., 2013, *Pemanfaatan *Nannochloropsis salina* Sebagai Biosorben untuk Mengatasi Pencemaran Ni^{2+}* , Repository, Jurusan Kimia, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Sembiring, Z., Buhani, Suharso dan Sumadi, 2009, Isoterm Adsorpsi Ion Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) pada Biomassa *Nannochloropsis sp* yang Dienkapsulasi Akuagel Silika, *Indo. J. Chem*, **9**(1), 1-5.
- Sjahrul, M., 2013, Cu^{2+} Biosorption Using *Nannochloropsis Salina* In Medium Conwy, *The International Journal's Research Journal of Science & IT Management*, **3**(1), 1-6.
- Surya, L. H., 2008, *Proses Perolehan Magnesium dengan Cara Elektrolisis Bahan Hidromagnesit dan Magnesium Oksida*, Skripsi, Universitas Indonesia.
- Wahab, W. A., Hala, Y., dan Fibiyanthy, 2012, Pengaruh Medium Tercemar Logam Pb dan Cu Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis salina*, *Indonesia Chimica Acta*, **5**(2), 41-49.
- Yudo, S., 2006, Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta, *JAI*, **2**(1), 1-15.